

ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ АВТОНОМНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
**«БЕЛГОРОДСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ НАЦИОНАЛЬНЫЙ
ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»**
(Н И У « Б е л Г У »)

ИНСТИТУТ ИНЖЕНЕРНЫХ ТЕХНОЛОГИЙ И ЕСТЕСТВЕННЫХ НАУК

КАФЕДРА БИОЛОГИИ

**ИЗУЧЕНИЕ ВЛИЯНИЯ РАССТОЯНИЯ ОТ ЗАЩИТНОЙ
ЛЕСОПОЛОСЫ АВТОДОРОГИ НА СОДЕРЖАНИЕ
ТЯЖЕЛЫХ МЕТАЛЛОВ
В ЛЕКАРСТВЕННОМ РАСТИТЕЛЬНОМ СЫРЬЕ**

Выпускная квалификационная работа
обучающегося по направлению подготовки 06.03.01 Биология
заочной формы обучения, группы 07001354
Костенко Алексея Юрьевича

Научный руководитель
к.с.х.н., доцент
Скорбач В.В.

БЕЛГОРОД 2018

ОГЛАВЛЕНИЕ

Введение	3
Глава 1. Обзор литературы по теме исследования	6
1.1. Экологическое состояние Белгородской области	6
1.2. Различные аспекты взаимодействия тяжелых металлов и растений	10
1.3. Влияние антропогенных факторов на качество лекарственного растительного сырья	14
1.4. Лекарственные растения Белгородского филиала ВИЛАР	18
1.5. Морфо-биологическая характеристика исследуемых растений	22
Глава 2. Материал и методы исследования	28
2.1. Методика сбора лекарственных растений	28
2.2. Методы сушки и хранения лекарственного растительного сырья	29
2.3. Методика определения уровня интенсивности движения автотранспорта в районе сбора лекарственных растений	30
2.4. Методика подготовки лекарственного растительного сырья для анализа	31
2.5. Методика определения содержания тяжелых металлов в лекарственном растительном сырье	32
Глава 3. Полученные результаты и их обсуждение	34
3.1. Результаты исследования интенсивности движения автотранспорта	34
3.2. Содержание тяжёлых металлов и мышьяка в лекарственном растительном сырье	35
3.3. Анализ полученных результатов исследования	38
Выводы	42
Список использованных источников	48
Приложения	49

ВВЕДЕНИЕ

Одной из важнейших проблем человечества является загрязнение окружающей среды. Это связано, прежде всего, с бурным развитием промышленности, появлением атомной энергетики, применением химикатов в сельском хозяйстве. С каждым годом в атмосферу попадает всё больше и больше вредных веществ. Причем, основную часть токсических веществ составляют различные газы, электромагнитные и тепловые излучения, пестициды и минеральные удобрения, продукты нефтеперерабатывающей промышленности.

Аномалии с повышенной концентрацией вредных веществ негативно влияют на существование человека, растений и животных. Их опасность заключается в том, что при постоянном источнике загрязнения и даже небольшом уровне выбросов вредных веществ они оказывают с начала незаметное влияние на состояние живых организмов.

В результате загрязнения окружающей среды в первую очередь страдают растения. Основной реакцией растений на токсичные газы является ускорение процесса старения отдельных систем. Так, повреждение клеток происходит раньше, чем начинают проявляться визуальные повреждения деревьев.

Еще одним опасным источником загрязнения растений является автомобильный транспорт. Вещества автотранспортного происхождения воздействуют, прежде всего, на растительный покров как на один из основных элементов придорожной экосистемы и на основу трофических цепей [Кавтарадзе и др., 2007].

По сравнению с другими регионами нашей страны Белгородская область считается одним из наиболее благополучных регионов, однако постоянное увеличение масштабов промышленности и увеличение численности автотранспорта ставит под угрозу экологию региона и наносит непоправимый вред природе, в том числе и лекарственным растениям.

Актуальность исследования. Воздействия техногенных загрязнений на лекарственные растения обуславливают накопление различных токсикантов, в

том числе тяжелых металлов, в тех частях растений, которые используют в качестве лекарственного сырья. Тяжелые металлы, обладают высокой токсичностью, способны включаться в биологический круговорот веществ и аккумулироваться в организме человека. Наиболее токсичными из тяжелых металлов являются соли кадмия, свинца, цинка, никеля, меди, кобальта, обладающие канцерогенными свойствами. Образование и накопление в лекарственных растениях биологически активных веществ является динамическим процессом, зависящим от многочисленных факторов окружающей среды, в том числе антропогенных. Очень часто поллютанты выступают в роли ингибиторов основного процесса жизнедеятельности растений – фотосинтеза, благодаря которому происходит образование различных органических соединений, в том числе и биологически активных.

Употребление лекарственных растений, собранных на загрязнённых территориях, может угрожать здоровью населения, негативно влияя на работу внутренних органов и физиологические процессы, протекающие в них. Из лекарственного сырья тяжёлые металлы переходят в лекарственные формы, а затем поступают в организм человека [Государственная фармакопея..., 2018]. Поэтому проблема экологической чистоты лекарственных растений становится особенно актуальной и требует усиления контроля над качеством растительного сырья с учётом содержания тяжёлых металлов.

Проблема исследования – установление связей между интенсивностью движения автотранспорта, проводимыми агротехническими мероприятиями и содержание тяжелых металлов (микроэлементов) в лекарственном растительном сырье.

Объект исследования: лекарственные растения – амми большая (*Ammi majus*L.), календула лекарственная (*Calendula officinalis*L.), шлемник байкальский (*Scutellaria baicalensis*Georgi), маклея сердцевидная (*Macleaya cordata*(Willd.) R.Br.), эхинацея пурпурная (*Echinacea purpurea*(L.) Moench.).

Предмет исследования – накопление и тяжелых металлов в надземной части лекарственных растений.

Цель исследования – изучение влияния автотранспорта на содержание тяжелых металлов в лекарственном растительном сырье.

Для достижения цели были поставлены следующие задачи.

1. Собрать лекарственные растения, произрастающие на расстоянии 0, 50, 100, 250 и 500 м от автотрассы.

2. Определить уровень интенсивности движения автотранспорта в районе сбора растительного лекарственного сырья.

3. Изучить морфо-биологические особенности исследуемых лекарственных растений.

4. Произвести сушку и подготовить лекарственное растительное сырье для анализа на содержание тяжелых металлов.

5. Проанализировать полученные данные.

Место сбора растительного сырья: поля Белгородского филиала Федерального государственного бюджетного научного учреждения «Всероссийский научно-исследовательский институт лекарственных и ароматических растений».

Методы исследования: сравнительный, экспериментальный, аналитический.

Практическая значимость: постоянный мониторинг качества лекарственного растительного сырья на содержание в нем тяжелых металлов (микроэлементов).

Структура работы. Выпускная квалификационная работа изложена на 48 страницах. Она состоит из оглавления, введения, трех основных разделов, выводов. Список использованных источников насчитывает 59 наименований. В работе используются 7 таблиц, 11 рисунков и приложения.

Глава 1. ЛИТЕРАТУРНЫЙ ОБЗОР ПО ТЕМЕ ИССЛЕДОВАНИЯ

1.1. Экологическое состояние Белгородской области

Природно-климатические и геологические особенности Белгородской области определяют, с одной стороны, уникальное ландшафтное и биологическое разнообразие, а с другой стороны, очень высокий уровень хозяйственной освоенности. Так, Белгородская область занимает 16 место (среди 89 субъектов Российской Федерации) по плотности населения, 3 место по плотности сельскохозяйственных фондов, 3 место по густоте транспортных магистралей, область производит около 1% ВВП в Российской Федерации, в том числе здесь также добывается 34% общероссийского объема железной руды [Дегтярь и др., 2016].

Такая высокая антропогенная нагрузка вызывает непрерывное ухудшение экологической обстановки на всей территории Белгородской области. В сфере экологии нашего региона еще много проблем, которые необходимо решать. Много вопросов вызывает качество водных ресурсов, состояние атмосферного воздуха, экологическое состояние почв, проблема утилизации отходов, защита растительного и животного мира.

Загрязнение воздуха – главная проблема состояния окружающей среды. Регулярные наблюдения за состоянием атмосферного воздуха в Белгородской области проводятся Белгородским центром по гидрометеорологии и мониторингу окружающей среды – филиалом ФГБУ «Центрально-черноземное управление по гидрометеорологии и мониторингу окружающей среды» (Белгородской лабораторией по мониторингу загрязнения атмосферы и Старооскольской комплексной лабораторией по мониторингу окружающей среды) на 9 стационарных постах в городах Белгороде, Старом Осколе, Губкине.

В г. Белгороде в 2016 г. из исследованных 3588 проб зарегистрировано 12 проб атмосферного воздуха с максимально разовых ПДК по содержанию взвешенных веществ от 1,1 до 2,0 ПДК.

В рамках мониторинговых исследований уровней загрязнения атмосферного воздуха, проводимых ФБУЗ «Центр гигиены и эпидемиологии в Белгородской области»:

- в 2014 году по полной программе исследовано 372 пробы атмосферного воздуха, из них с превышением среднесуточных предельно-допустимых концентраций зарегистрировано 20 проб (5,4%), в том числе по содержанию взвешенных веществ – 15 проб, оксида углерода – 2 пробы, диоксида азота и формальдегида – по 1 пробе;
- в 2015 году по полной программе исследовано 409 проб, из них с превышением среднесуточных предельно-допустимых концентраций – 18 проб (4,4%), в том числе – по содержанию оксида углерода – 11 проб, диоксида азота – 4 пробы, взвешенных веществ – 3 пробы;
- в 2016 году по полной программе исследовано 420 проб, из них выявлено с превышением среднесуточных предельно-допустимых концентраций – 9 проб (2,1%).

Основными стационарными источниками загрязнения атмосферы на территории области являются предприятия железорудной и металлургической промышленности, промышленности строительных материалов. В то же время в последние годы в формировании качества воздушной среды возрастает роль автомобильного транспорта.

В настоящее время выбросы автотранспорта являются приоритетным источником загрязнения атмосферы.

Анализ полученных результатов исследований ФБУЗ «Центр гигиены и эпидемиологии в Белгородской области» свидетельствует об увеличении в 2016 году по сравнению с 2015 годом общего количества проб с превышением предельно допустимых концентраций (ПДК) загрязняющих веществ в воздухе городских поселений с 0,22 % до 0,5 %, в том числе: с превышением ПДК взвешенных веществ с 0 до 0,2%, двуокиси азота с 0 до 0,7%, углерода оксида с 0,48% до 2,1%, азота оксида с 0 до 0,4%, аммиака с 0 до 1% и снижении проб формальдегида с 1,8% до 0.

Анализ полученных результатов исследований воздуха сельских поселений также свидетельствует об увеличении в 2016 году по сравнению с 2015 годом общего количества проб с превышением предельно допустимых концентраций (ПДК) загрязняющих веществ в воздухе сельских поселений с 0,15 % до 0,2 %, в том числе проб с превышением ПДК взвешенных веществ - с 0,6 % до 0,9 %, аммиака – с 0,2% до 0,4%. Превышений ПДК более чем в 5 раз за анализируемый период с 2014 по 2016 гг. не зарегистрировано [Госдоклад, 2014, 2015, 2016].

Наиболее распространенными загрязняющими веществами, которые обнаруживаются в атмосфере каждого населенного пункта, являются взвешенные вещества (пыль, сажа, зола и т. п.), оксиды азота, углерода, серы, а также углеводороды.

В целом нужно отметить, что загрязнение атмосферы Белгородской области промышленными предприятиями в среднем за пять лет составляет 42–52 % от показателей 1990 года. Успех в улучшении качества воздуха в регионе во многом является заслугой эффективной работы очистных сооружений. Благодаря системе очистки воздуха стационарные источники загрязнения атмосферы не представляют сегодня серьезной угрозы для экологии Белгородской области [Госдоклад, 2016]. Доля основных загрязнителей в Белгородской области представлена на рисунке 1.1.

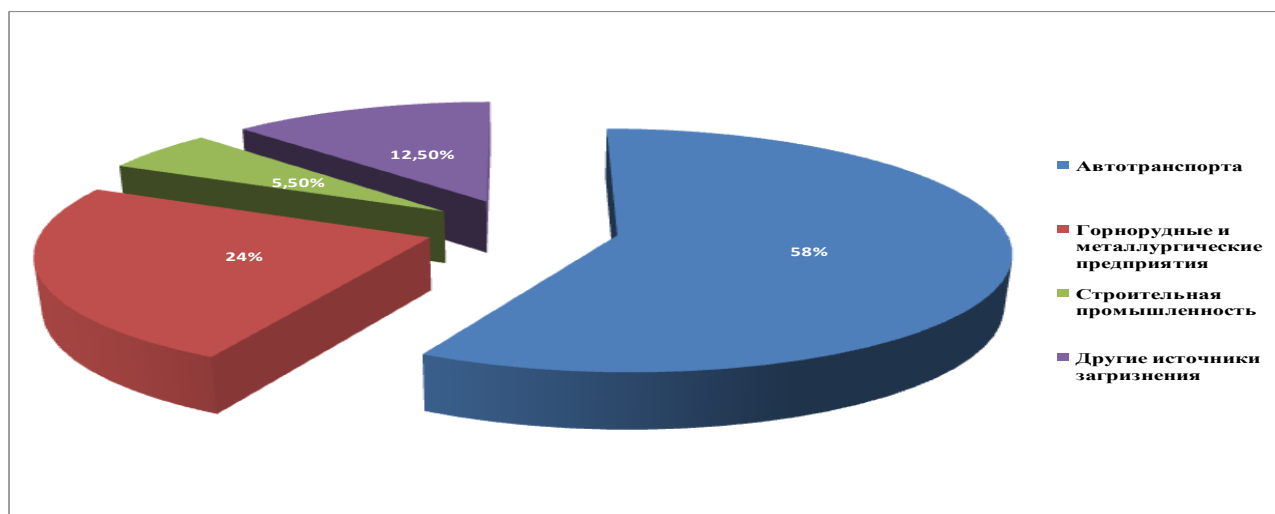


Рис. 1.1. Доля (в %) основных загрязнителей воздуха Белгородской области [Экология, 2018]

Магистральные трубопроводы и объекты энергетической промышленности тоже пока не в состоянии конкурировать с автотранспортом.

Существенна роль транспорта в загрязнении водных объектов и почвы. Кроме того, транспорт является одним из основных источников шума в городах и вносит значительный вклад в тепловое загрязнение окружающей среды.

Основными загрязняющими веществами, выделяющимися под действием транспорта содержащимися в выхлопных газах оксидами азота NO_x (смесь NO и NO_2) и оксидом углерода (CO). Доля транспортного загрязнения воздуха по CO превышает 60 %, по NO_x —50 % от общего загрязнения атмосферы этими газами. Помимо этих газов в выбросах автотранспорта содержится около 200 веществ, таких как углеводороды, акролеин, ксилол, бенз(а)пирен, сернистый ангидрид, фенол, формальдегид, сероводород, твердые частицы и др.

Передвижные источники загрязнения пространственно рассредоточены по территории городов и расположены в непосредственной близости к жилым районам, что создает общий повышенный фон загрязнения. Они располагаются невысоко от земной поверхности, в результате чего отработавшие газы автомобилей слабее рассеиваются ветром по сравнению с промышленными выбросами и скапливаются в зоне дыхания людей. Кроме того, темпы роста числа автомобилей значительно выше по сравнению с темпами роста промышленных источников.

Увеличение количества единиц автотранспорта, отсутствие систем нейтрализации отработавших газов, недостаточная эффективность организационных и планировочных мероприятий по снижению транспортных потоков в пределах населенных пунктов создают объективные предпосылки для сохранения ведущей роли автотранспорта в загрязнении атмосферы [Госдоклад, 2017; Дегтярь и др., 2016].

1.2.Различные аспекты взаимодействия тяжелых металлов и растений

Растения являются основой существования жизни на Земле. В процессе фотосинтеза из углекислого газа и воды они создают органические вещества, которые служат продуктами питания человека, сырьем для промышленности и строительства, кормом животных. Растения защищают почву от ветровой эрозии, принимают участие в регулировании круговорота воды на нашей планете, оказывают влияние на климат.

За последние десятилетия все более отчетливо вырисовывается еще одна исключительно важная функция растений — очистка природной среды от всевозрастающего количества загрязнителей, в том числе и тяжелых металлов [Артамонов, 1986; Эйхлер, 1993].

Тяжелые металлы, как особая группа элементов выделяются из-за токсического действия, оказываемого на растения при высокой их концентрации (в малых концентрациях они являются микроэлементами). Тяжелыми принято считать металлы с атомной массой больше 50. Считается, что к тяжелым металлам относится более 40 химических элементов [Водяницкий, 2012].

Загрязняющие вещества по опасности делятся на классы (ГОСТ 17.4.1.0283): I класс (высоко опасные) — As, Cd, Hg, Se, Pb, F, бенз(а)пирен, Zn; II класс (умеренно опасные) — B, Co, Ni, Mo, Cu, Sb, Cr; III класс (мало опасные) — Ba, V, W, Mn, Sr, ацетофенон.

Сильное загрязнение тяжёлыми металлами наблюдается вблизи автострад, особенно свинцом, а также цинком, кадмием. Ширина придорожных аномалий свинца достигает 100 м и более.

Металлоаккумулирующая способность разных видов дикорастущих и культурных растений, которые произрастают в разных географических зонах, значительно отличается. Так, в условиях лесостепного и степного Поволжья из сорных видов, которые часто встречаются на полях сельскохозяйственных культур, очень активно накапливают в надземных органах:Pb — одуванчик

>щерица запрокинутая > полынь горькая = пастушья сумка обыкновенная, Cr–щерица запрокинутая > портулак огородный > бодяк полевой, Cu – одуванчик лекарственный > полынь горькая > пастушья сумка обыкновенная. В условиях Самарской области по способности аккумулировать металлы особенно выделяются свекла, подсолнечник и гречиха [Кудряшова, 2003; Матвеев и др., 1997; Матвеев и др., 2007].

Степень накопления свинца в верхних слоях почвы определяется свойствами почвы и типом транспортной нагрузки, сочетания которых создают большое разнообразие значений содержания свинца в почве. Кадмий гораздо более подвижен в почвах [Титов и др., 2012].

Большинство видов растений накапливают тяжелые металлы в основном в корнях, но между видами растений имеются существенные различия в способности накапливать тяжелые металлы в корнях. Многочисленными опытами установлено, что с увеличением концентрации тяжелых металлов во внешней среде вместе с повышением их содержания в корнях повышается количество металлов и в надземных органах – стеблях и листьях. Это говорит о том, что защитные механизмы, которые функционируют на уровне клеток и тканей корня, не могут полностью предотвратить попадание тяжелых металлов в побеги растений [Титов и др., 2007].

Если частицы свинца представляют собой аэрозольную плёнку на поверхности растения, то кадмий и цинк хотя бы частично проникают в лист.

Аэрозоли, действующие на лист, как правило, биологически менее активны, чем загрязнители, проходящие через корневую систему. Свинец в 10 раз активнее других металлов, адсорбируется митохондриями, что приводит к их разбуханию и увеличению проницаемости. Кадмий активнее поглощается корнями, чем листьями, хотя и из листьев он легко перемещается.

Повышенное содержание свинца вызывает функциональные нарушения в пигментных комплексах и уменьшение содержания хлорофилла в тканях. У растений под влиянием свинца угнетаются ростовые процессы, снижается содержание витамина С и провитамина А.

Часть свинца поступает в растительные организмы в результате пассивного поглощения корнями. Из корневой системы в листья и стебли поступает незначительное количество металла. Повышенная концентрация свинца в корнях растений связана с образованием нерастворимых комплексов, накоплением их в клетках и слабым накоплением в других частях растения [Матвеев и др., 1997; Добровольский и др., 1987].

Количество свинца, который накапливается на листовой пластинке, зависит от её изрезанности, опушенности, наличия смолистых веществ, воска и т.д. Вероятно, свинец закрепляется в восковом налёте и не смывается водой. Свинец в высокой концентрации тормозит прорастание семян, замедляет рост корней в длину, а так же образование корневых волосков. У листьев отравленных свинцом растений наблюдается хлороз. Особенно сильно поражаются молодые листья [Алексеев, 1987; Войтюк, 2011; Добровольский, 1987].

Кадмий, как и свинец, относится к I классу опасности. Большое количество кадмия обнаруживается в растениях, произрастающих вблизи от автомобильных дорог. Так, например, в хвое ели обыкновенной, растущей поблизости от автострады, количество кадмия возрастает в 11–17 раз.

Симптомы избыточного поступления в растения кадмия проявляются в постепенном изменении окраски кончиков листьев и черешков до красновато-бурой и пурпурной. При этом листья скручиваются, становятся хлоротичными и опадают.

Присутствие кадмия в окружающей среде приводит к замедлению процесса транспирации у растений. Так интенсивность транспирации коррелирует с устьичной проводимостью, то его уменьшение под действием кадмия является результатом в первую очередь закрытия устьиц [Титов и др., 2012].

Кадмий также значительно снижает урожайность растений. Одна из причин торможения роста растений, произрастающих в присутствии кадмия, резкое снижение интенсивности фотосинтеза.

Наличие хлорозов в результате аэрального и корневого транспортного загрязнения свидетельствует о нарушении синтеза хлорофилла. И свинец, и

кадмий вызывают деструкцию или тормозят биосинтез зеленых пигментов, причем кадмий разрушает в большей степени хлорофилл «а», а свинец – преимущественно хлорофилл «в»; оба металла вызывают деструкцию или нарушение биосинтеза каротиноидов [Kimetal, 2008; Pedasetal, 2009].

Исследования многих авторов говорят о том, что некоторые тяжелые металлы способны перемещаться в генеративные органы и семена. В частности кадмий обнаружен в семенах многих злаков, но содержание его в генеративных органах, как правило, значительно ниже, чем в вегетативных органах.

Ртуть является наиболее опасным для живых организмов тяжелым металлом. Для растений ртуть – ингибитор метаболизма. Ртуть вызывает ингибирование клеточного дыхания, фотосинтеза, образования хлорофилла, снижение ферментативной активности. Симптомы отравления растений ртутью: задержка роста всходов и развития корней, торможение фотосинтеза и в результате – снижение урожайности [Войтюк, 2011; Серегин, 2009; Трахтенберг, 1994].

Водоросли могут поглощать ртуть из загрязненного грунта или воды, и она в виде метилртути передается дальше в водной пищевой цепи. У высших растений тонкие корни в большей степени, чем крупные, накапливают ртуть и выполняют функцию барьера. Ртуть, которая попадает из атмосферы в виде пара, связывается и прочно удерживается споровыми и хвойными растениями.

В растениях кобальт влияет на накопление азотистых веществ и углеводов и усиливает их отток из вегетативных органов в генеративные, усиливает интенсивность дыхания и фотосинтеза, способствует образованию хлорофилла. Кобальт повышает содержание воды в растениях и особенно необходим для роста и функционирования клубеньковых бактерий.

Под влиянием повышенного содержания кобальта в почве изменяется внешний вид растений: появляются гигантские растения, в 3–5 раз больше обычных. Наибольшее содержание кобальта среди растений обнаружено у водорослей.

Физиологическая роль меди в растении: участие в ферментативных процессах в роли катализаторов, в образовании хлорофилла, регуляция гормонального баланса растений.

При недостатке меди у растений задерживается рост и наступление цветения, наблюдается хлороз, потеря тургора, увядание.

При избытке меди в почве рост некоторых растений уменьшается в несколько раз, появляются листья, ненормально рассеченные, резко изменяется окраска цветков и побегов.

В растениях цинк активирует ферментные системы в клетке, так как входит в состав активных центров ферментов. Цинк участвует в дыхании, белковом, углеводном и нуклеиновом обменах, регулирует рост, повышает содержание фитогормонов (гиббереллинов). Цинк необходим для нормального развития яйцеклетки и зародыша. Он повышает засухо- и холодостойкость растений.

Соединения мышьяка играют важную роль в агробиологических процессах. Небольшие количества мышьяка стимулируют рост и развитие растений. Мышьяк способствует лучшему усвоению растениями фосфора из почвы. Токсическое действие мышьяка приводит к увяданию листьев, появления фиолетового окрашивания, обесцвечивания корнеплодов, замедлению темпов роста и снижению урожайности [Коновалова, 2017].

1.3. Влияние антропогенных факторов на качество лекарственного растительного сырья

Существует несколько аспектов этой проблемы. Один из них – чисто экологический, то есть выяснение путей проникновения токсикантов в лекарственные растения, к главнейшим из которых следует отнести газообразные выбросы, загрязнения в виде пыли, загрязнение почв. Важно учитывать и реакцию разных видов растений на различные антропогенные загрязнения, и изучение накопления загрязнителей в тканях и органах растений. Еще один аспект проблемы – это аналитический: необходима

разработка современных методик анализа содержания загрязняющих веществ в лекарственных растениях. Итоговым аспектом является законодательный аспект. Он предусматривает введение предельно допустимых концентраций (ПДК) в лекарственном сырье и необходимость учета мест заготовки растительного сырья в зависимости от конкретного антропогенного воздействия [Самылина и др., 2014].

Многочисленные данные свидетельствуют о том, что экологический фактор значительно влияет на элементарный химический состав растений. Поглощение лекарственными растениями различных токсичных элементов и в первую очередь тяжелых металлов наиболее опасно. Использование в медицине лекарственных растений, выросших в местах с антропогенной нагрузкой, может быть небезопасным для здоровья людей [Бурченко, 2012; Бурченко и др., 2011].

В исследованных районах Белгородской области по Zn, Cu, Cd, Pb показатели не превышают допустимой концентрации, Fe превышает нормальное состояние, но не превышает предположительно максимального. По гравилату речному только показатель Cu выше нормального, но не превышает предположительно максимального. Из этого можно сделать вывод, что гравилат городской обладает большей чувствительностью к загрязнению окружающей среды и реагирует накоплением в листьях железа и мышьяка. Оба изучаемых вида рода *Geum* относятся к группе, так называемых, непривычных концентраторов, то есть загрязнители накапливаются в них, когда их много в окружающей среде [Бурченко, 2012; Бурченко и др., 2011].

Наиболее загрязненными являются придорожные территории (5–50 м). Так, для растений *Convallaria majalis* и *Vaccinium vitis-idaea* в придорожных местообитаниях отмечено наибольшее накопление тяжелых металлов. Уровень содержания тяжелых металлов в лекарственных растениях в различных органах, в разные фазы развития и на разном удалении от дорожного полотна отличается. Наибольшая степень аккумуляции тяжелых металлов обнаружена в подземной части растений, которые произрастают на территориях,

прилегающих к автодороге (5–20 м). Максимальное накопление исследуемых элементов в *Convallaria majalis* отмечено в фазу созревания плодов. При сравнении концентрации тяжелых металлов в надземных побегах с листьями у *Vaccinium vitis-idaea* наибольшее накопление их происходило в двухгодичных побегах с листьями. В подземных органах максимальное содержание Zn и Fe отмечено даже на удаленных территориях (1000 м от автотрассы) [Талипова, 2006].

Было проведено исследование содержания химических элементов в листьях *Plantago major*, собранных в Новосибирской области вдоль трассы федерального значения. Установлено существование обратной связи между удаленностью от дороги и количеством золы. Придорожной полосой, в которой не следует собирать *Plantago major*, является полоса в 10–25 м. Отмечена также высокая устойчивость подорожника к антропогенной нагрузке: тяжелые металлы накапливаются в прочносвязанной форме и слабо переходят в водную вытяжку. Листья подорожника большого рекомендуется заготавливать на расстоянии не менее 50 м от дороги. Кальций и калий можно отнести к элементам интенсивного накопления, у магния и цинка пограничная ситуация, кадмий, медь, стронций отличаются сильным накоплением. К элементам слабого накопления относятся железо, литий, марганец, натрий, никель, свинец [Зубарева и др., 2011; Сиромля, 2011].

Как уже отмечалось, разные органы растения обладают неодинаковой способностью накапливать тяжелые металлы. Например, наиболее низкие концентрации меди, никеля и свинца обнаружены в стеблях, а цинка – в листьях *Achillea millefolium*. Высокая концентрация цинка характерна для соцветий. Максимальное содержание свинца и никеля отмечено в листьях тысячелистника. По накоплению меди в различных органах растения определенной закономерности не выявлено. Следовательно, различные вегетативные органы *Achillea millefolium* обладают различной способностью поглощения тяжелых металлов [Семенова и др., 2009].

Проводилось также исследование накопления тяжелых металлов в лекарственном растении полыни австрийской. Самое высокое содержание их обнаружено в растениях, произрастающих вблизи ГРЭС. Полученные данные в растениях полыни выявили превышение ПДК по 4 из 7 изучаемых элементов (Pb, Cd, Zn и Cu) [СанПин 2.3.2.560-96].

Таким образом, установлено загрязнение полыни австрийской четырьмя тяжелыми металлами в связи с деятельностью ГРЭС. Также отмечено загрязнение кадмием и свинцом на площадке, которая расположена в непосредственной близости от автомагистрали [Чаплыгин, 2014; СанПин 2.3.2.560-96].

Для пижмы, как для многих видов растений, установлено превышение ПДК для кормов по свинцу, кадмию и никелю. Концентрация свинца и кадмия в надземной части пижмы превышает ПДК для продовольственного сырья на всех исследуемых участках [Чаплыгин, 2014; СанПин 2.3.2.560-96].

Для цикория обыкновенного отмечено загрязнение свинцом и никелем на всех изучаемых площадках, причем, содержание свинца почти на всех участках превышает не только ПДК для кормов, но и ПДК для продовольственного сырья [Чаплыгин, 2014; СанПин 2.3.2.560-96].

Содержание металлов зависит от анатомо-морфологических особенностей растений. Концентрация металлов в ягодах и плодах ниже, чем в лекарственных травах. Так, плоды шиповника собачьего содержат меньше металлов, чем листья мяты длиннолистной, которые были собраны в одном районе. Это связано с тонким липидным слоем на поверхности плодов, поэтому металлы легко отмывались во время дождя.

Исследуемое сырье – мята длиннолистная и душица обыкновенная – содержали металлы: свинец, кадмий, кобальт, никель, марганец, молибден, медь, цинк, алюминий [Купреева, 2014].

Эти сведения необходимо учитывать при заготовке лекарственного сырья, так как поступившие в организм человека тяжелые металлы выводятся очень медленно, а растительное сырье с большим содержанием тяжелых

металлов способно вызвать кумулятивный эффект – постепенное их увеличение в организме человека. Кадмий обладает высокой способностью проникать в растения, по-видимому, кадмий в тканях слабо инактивируется, в результате даже небольшая его концентрация приносит значительный вред растению, к тому же его относят к канцерогенам. Проведение подобных исследований позволяет получить сведения и по другим лекарственным растениям, а это, в свою очередь, поможет установить гигиенические ПДК на тяжелые металлы при их выращивании в различных экологических условиях и определить ареал произрастания экологически чистой продукции, которая используется в качестве лекарственного сырья [Бурченко и др., 2011; Бурченко, 2012].

Таким образом, содержание биологически активных веществ и металлов является основным показателем, который позволяет осуществлять контроль доброкачественности лекарственного сырья [Купреева, 2014].

1.4. Лекарственные растения Белгородского филиала ВИЛАР

Одной из приоритетных задач национальной программы правительства Российской Федерации «Здоровье» является обеспечение населения высокоэффективными отечественными медицинскими фитопрепаратами. В стратегии развития фармацевтической промышленности нашей страны на период до 2020 года предусмотрено увеличение до 50% доли продукции отечественного производства в общем объеме потребления.

В настоящее время более одной трети лекарственных препаратов, применяющихся в современной медицине, вырабатываются из растительного сырья.

Изучением лекарственных растений в России занимается ГНУ ВИЛАР – Государственное научное учреждение Всероссийский НИИ лекарственных и ароматических растений. Это головное научно-исследовательское учреждение России по изучению лекарственных растений, выращиванию новых

лекарственных растений и созданию оригинальных фитопрепаратов из растительного сырья. В стенах этого учреждения проводится целый комплекс работ «от семени до препарата».

Всероссийский научно-исследовательский институт лекарственных и ароматических растений создан в 1931 г. на базе Научно-исследовательского бюро по лекарственным и душистым растениям и вошел в состав Академии сельскохозяйственных наук. В 1991 г. Институт вошел в состав Россельхозакадемии. С 2013 г. учредителем института является Федеральное агентство научных организаций (ФАНО)[История ВИЛАР, 2017].

В структуру института (2016) входят: Центр растениеводства (включает единственный в РФ Ботанический сад лекарственных растений, в коллекции которого сохраняется 1639 видов лекарственных и ароматических растений, в т. ч. редких и исчезающих); Центр химии и фармацевтической технологии (включает Испытательный центр, осуществляющий контроль за качеством лекарственных средств); Центр медицины, Научно-исследовательский и учебно-методический центр биомедицинских технологий; Центр развития и обеспечения научных исследований и три филиала [ВИЛАР, 2017].

В настоящее время в ВИЛАР разработано свыше 100 лекарственных средств. Работы по разработке новых препаратов, которые действуют на нервную, сердечнососудистую, эндокринную системы, для лечения внутренних органов, нарушения обмена веществ, противоопухолевых средств, продолжается.

На фармакопейном участке Ботанического сада выращиваются виды лекарственных растений, которые используются в научной медицине России. Коллекции расположены по фармакологическому принципу (кровоостанавливающие, сердечные, седативные и т. д.) и включают около 250 видов [Институт лекарственных растений ВИЛАР, 2017].

Все вышесказанное указывает на необходимость создания отечественной сырьевой базы для производства фитопрепаратов. Осуществить данный проект можно только за счет культивирования лекарственных растений, так как ареал

их естественного произрастания находится далеко за пределами Российской Федерации.

Филиалы (Северо-Кавказский–Краснодарский край; Средне-Волжский – Самарская область; Белгородский – Белгородская область) являются научными подразделениями ВИЛАР и работают по общему плану института. В филиалах отрабатываются агротехнологии, сохраняется, пополняется и изучается генофонд лекарственных и ароматических растений конкретного региона [Рабинович и др., 2012].

Одним из наиболее благоприятных районов для возделывания новых культур, таким регионом является Центральная Черноземная зона Российской Федерации.

Белгородский филиал Всероссийского научно-исследовательского института лекарственных и ароматических растений (ВИЛАР) расположен в п. Майском Белгородского района. В Белгородском филиале ВИЛАР, поля которого занимают площадь 54 га, выращивают календулу лекарственную, эхинацею пурпурную, белладонну, или красавку обыкновенную, валериану лекарственную, золотарник канадский, маклею сердцевидную, шлемник байкальский - всего порядка десяти лекарственных растений.

Разработка зональных (ЦЧЗ РФ, на базе Белгородского филиала ВИЛАР), инновационных, экономически целесообразных технологий возделывания эхинацеи пурпурной, маклеи сердцевидной, амми большой и белладонны, направленных на достижение оптимальной фитосанитарной обстановки агробиоценоза, повышение адаптации культур к стрессовым факторам, получение стабильных урожаев высококачественного растительного лекарственного сырья является актуальным [Польшикова и др., 2016].

Впервые для Центральной Черноземной зоны РФ разработаны зональные методические рекомендации по возделыванию эхинацеи пурпурной, белладонны, амми большой и маклеи сердцевидной на основе системного применения регуляторов роста и микроудобрений, позволяющих минимизировать применение пестицидов и получать стабильные урожаи

высококачественного лекарственного сырья для фармацевтической промышленности. Внедрение разработанных технологий лекарственных культур позволит расширить площади их возделывания, обеспечит увеличение урожайности и валового сбора лекарственного сырья с высоким содержанием действующих веществ, что снизит зависимость производства фитопрепаратов от импорта [Сидельников, 2014].

В результате проведенной исследовательской работы новыми ценнейшими лекарственными культурами Белгородского филиала ВИЛАР стали расторопша пятнистая, амми большая, маклея сердцевидная, белладонна. В нашей зоне эти растения успешно акклиматизировались и дают хорошие урожаи. После первичной обработки, сушки и дробления в цехах предприятия, лекарственная продукция, выращенная в Белгородской области, в экологически чистых условиях, поступает на фармакологические предприятия Москвы, а затем Санкт-Петербурга, Воронежа, Томска, Самары [Сидельников, 2014].

На уникальном предприятии получают высокие урожаи цветков, корней и семян эхинацеи пурпурной, календулы лекарственной и других растений.

На опытных полях БФ ВИЛАР и в настоящее время продолжается научно-исследовательская работа по сортоиспытанию амми большой, по сохранению и пополнению генофонда лекарственных и ароматических растений и многие другие исследования [Гавриленко и др., 2016].

Учёные белгородского филиала ВИЛАР создали коллекционный питомник лекарственных растений, где сохраняют генофонд лекарственных растений региона и проводят районирование целебных растений, завезённых сюда из других регионов мира. Всего в питомнике насчитывается около 60 видов лекарственных растений, не только травянистых, но и древесных: это алтей лекарственный, анис обыкновенный, арника облиственная, боярышник кроваво-красный, валериана лекарственная, девясил высокий, иссоп лекарственный, клецевина обыкновенная, красавка белладонна, кровохлебка лекарственная, купена лекарственная, лапчатка белая, маклея сердцевидная, мята перечная, орех грецкий, пастернак посевной, ревень тангутский, рута

душистая, шалфей лекарственный, шалфей мускатный и многие другие. В ближайшее время многие из них пополнят промышленные посадки [Начался сезон сбора ...,2017].

1.5. Морфо-биологическая характеристика исследуемых растений

Объектами нашего исследования были пять видов лекарственных растений – амми большая (*Ammi majus*L.), календула лекарственная (*Calendula officinalis*L.), маклея сердцевидная (*Macleayacordata* (Willd.) R. Br.), шлемник байкальский (*Scutellaria baicalensis*Georgi), эхинацея пурпурная (*Echinacea purpurea*(L.) Moench.).

Амми большая (*Ammi majus*L.) – однолетнее травянистое растение порядка аралиецветные (Araliales) семейства сельдерейные (Apiaceae).

В диком виде амми большая произрастает в европейских районах Средиземноморья и Северной Африке [Гончаров и др, 2015; Ловкова и др., 1990].

Корень стержневой. Амми большая имеет голый прямостоячий бороздчатый стебель, внутри полый, малооблиственный, высотой 50–100 см, ветвящийся в верхней части. Листья очередные, дважды- и трижды перисто-рассеченные на ланцетовидные сегменты с зубчатым краем. Цветки мелкие, с пятью белыми лепестками, собраны в крупные (до 10–15 см в диаметре) соцветия – сложный зонтик, состоящий из 50 зонтиков одинаковой длины. Плоды – вислоплодники, мелкие, 2–3 мм длиной и до 1 мм шириной, распадаются на два полуплодика–мерикарпия, яйцевидной формы. Цветение продолжается с июня до сентября. Плоды созревают в августе–сентябре.

Используют плоды (в Египте плоды использовались еще в XIII в.), которые собирают в период массового цветения на центральных зонтиках и засыхании нижних листьев. После скашивания и просыхания скошенной массы, ее обмолачивают, а затем досушивают в сушилках при температуре 60°C. Сырье состоит из мерикарпиев, имеющих выпуклую форму, со спиной

стороны с пятью продолговатыми, слабо выступающими ребрами и с ложбинкой на брюшной стороне, поверхность полуплодиков голая. Цвет зрелых мерикарпиев красновато-бурый, ребра более светлые.

Плоды амми большой содержат фурукумарины: ксантотоксин, бергаптен, изопимпинеллин и др., флавоноиды, сапонины, жирное масло. Срок годности 5 лет.

Из плодов амми большой получают препараты «Аммифурин» и «Анмарин». «Аммифурин» – это смесь фурукумарнов и используется как фотосенсибилизирующее средство при лечении витилиго, лейкодермии и гнездной плешивости. «Анмарин» содержит экстракт плодов и используется как противогрибковое и антимикробное средство [Мазнев, 2004; Лавренова и др.; 2007; Носов, 2007; Самылина и др., 2008].

Календула лекарственная, или ноготки лекарственные (*Calendula officinalis* L.) – однолетнее травянистое растение порядка астровых семейства астровые (Asteraceae).

Родина календулы лекарственной – Южная и Центральная Европа и Малая Азия. В России культивируется как декоративное и лекарственное растение [Гончаров и др., 2015].

Корень стержневой ветвистый. Стебель прямостоячий, иногда ветвистый от основания, ребристый опушенный короткими жесткими волосками. Высота стебля 30–50 см. Листья очередные, до 13 см длины; нижние листья черешковые, продолговатые, обратнояйцевидные; верхние листья сидячие, продолговато-ланцетные. Соцветия крупные (до 8 см в диаметре) верхушечные многоцветковые одиночные корзинки. Краевые цветки язычковые, оранжевые или желтые, в центре корзинки находятся трубчатые цветки оранжевого цвета.

Плоды – согнутые желтоватые или коричневые семянки, располагающиеся в 2–3 ряда, до 30 мм длины, бугорчатые или шиповатые со спинки. Цветет календула лекарственная с июня до поздней осени. Плоды созревают в конце июля-августа. Размножается семенами.

С лекарственной целью используют цветки ноготков (*Flores Calendulae*). Корзинки обрывают у самого основания цветоноса. Собранное сырье сушат в тени на открытом воздухе.

Цветочные корзинки содержат каротиноиды (до 3%): виолаксантин, каротин, ликопин, неоликопин, рубиксантин, флавохром, флавоксантин и др.; флавоноиды: изорамнетин, рутин, нарциссин и другие; тритерпеновые сапонины, смолы, слизи, дубильные вещества, эфирное масло, органические кислоты (яблочную, следы салициловой), фитонциды, следы алкалоидов, витамин С.

Цветки календулы в виде настойки и настоя применяют в качестве бактерицидного, противовоспалительного, дезинфицирующего, ранозаживляющего средства. Входят в состав сборов грудного №4, желчегонного №3, урологического, «Элекасол». Используются для производства настойки календулы, жидкого экстракта календулы, который входит в состав препаратов «Ротокан», «Калефлон» [Все о лекарственных..., 2016].

Маклея сердцевидная (*Macleaya cordata* (Willd.) R.Br.) – многолетнее травянистое растение порядка лютикоцветные (*Ranunculales*) семейства маковые (*Papaveraceae*).

Маклея сердцевидная распространена в диком виде в Японии и Юго-Восточном Китае. В России культивируется. Размножается маклея семенами и вегетативно (корневыми отпрысками) [Самылина и др., 2008].

У маклеи горизонтальное корневище и многочисленные придаточные корни темно-оранжевого цвета. Все растение содержит желтый млечный сок. Стебель прямостоячий не ветвистый, мощный, голубовато-зеленый с восковым налетом, высотой до 250 см. Листья сердцевидной формы, 5–7 лопастные, очередные, черешковые, нижние листья более крупные (длиной до 25 см), голые, а нижние листья более мелкие. Нижняя часть пластинки более светлая, густо опушена. Цветки мелкие (до 10 мм длины), рыжевато-розовые, собранные в длинные, ажурные метелки длиной до 40 см, расположенные на

верхушках побегов. Цветки имеют только чашелистики, опадающие при распускании цветка, венчика нет, тычинок от 8 до 30.

Плод – плоская, обратнойцевидная коробочка длиной до 8 мм и шириной до 4 мм. Семена яйцевидные, от 2 до 6, расположены по обе стороны внутреннего шва коробочки. Цветет маклея в июле–августе, плоды созревают в августе–сентябре.

С лечебной целью используют траву маклеи – *Herba Macleayae*, которую собирают в фазы бутонизации и цветения от растений разного возраста. Наибольший урожай получают от растений трехлетнего возраста. Срок годности сырья 3 года.

Трава маклеи содержит изохинолиновые алкалоиды (до 1,28%), флавоноиды, аскорбиновую кислоту и другие вещества.

Трава маклеи используется для получения препарата «сангвиритрин», который обладает антимикробной активностью. Водные и спиртовые раствора сангвиритрина применяют для лечения незаживающих язв, кожных заболеваний, стоматитах и других.

Шлемникбайкальский (*Scutellariabaicalensis*Georgi) – многолетнее травянистое растение порядка ясноткоцветные (Lamiales) семейства яснотковые (Lamiaceae).

Шлемник распространен в Восточном Забайкалье, Восточной Сибири, среднем и юго-западном Приамурье. Ареал его заходит в Северный Китай, Японию и Монголию. Размножается шлемник семенами [Гончаров и др., 2015].

Корневище короткое, переходящее в толстый стержневой корень длиной до 50 см, окраска корня внутри лимонно-желтая.

Стебли прямостоячие, ветвистые, четырехгранные, слабоопушенные, высотой 35–50 см. Листья супротивные, сидячие или короткочерешковые, цельнокрайние, без опушения (длина до 4 см, ширина до 1,3 см), узколанцетные. Цветки синие (до 2,5 см длины), расположены по одному в пазухах верхних листьев и образуют на вершине побега простые

односторонние кисти. Венчик двугубый с вогнутой верхней губой (шлемом) и трехлопастной нижней губой.

Плоды мелкие, состоят из четырех черных яйцевидных орешков с мелкими шипиками по всей поверхности. Цветет шлемник в июле, плоды созревают в конце июля–августе.

В медицине используют корни шлемника байкальского – *Radices Scutellariae baicalensis*. Заготовку корней шлемника проводят со второй половины августа до глубокой осени.

Корни шлемника байкальского содержат флавоноиды (до 10%), дубильные вещества, эфирное масло, смолы, сапонины, кумарины. Настойка шлемника байкальского рекомендована в качестве гипотензивного средства при гипертонической болезни I и II стадии и как седативное – при сердечно-сосудистых неврозах [Лавкова и др., 1990].

Эхинацея пурпурная (*Echinacea purpurea* (L.) Moench.) – многолетнее травянистое растение порядка астропетальные (Asterales) семейства астровые (Asteraceae).

Родина эхинацеи пурпурной – Северная Америка. В России культивируется как декоративное и лекарственное растение, размножается семенами.

Корневище эхинацеи короткое, многоглавое, усаженное многочисленными тонкими корнями. Стебель один или несколько (до 1 м высотой), стебли ветвистые, красноватые, цилиндрические, ребристые, голые или рассеянно жесткоопушенные. Нижние листья широкоэллиптические или продолговато-яйцевидные, шероховатые, по краю зубчатые (до 20 см длины и до 15 см ширины), собранные в прикорневую розетку. Стеблевые листья редкие, очередные, почти сидячие, линейно-эллиптические, шероховатые. Цветки собраны в одиночные корзинки (до 10 см в диаметре). Цветоложе коническое. Краевые цветки язычковые светло- или темно-пурпурные (от 2,5 до 6 см длиной), в центре корзинки находятся многочисленные трубчатые обоеполые цветки, оранжево- или темно-пурпурные.

Плод – четырехгранная серовато-бурая семянка (до 5–6 мм длиной). На первом году жизни эхинацея образует прикорневую розетку листьев, зацветает на второй год. Цветет эхинацея пурпурная с июня до осени, плодоносит в августе-сентябре.

В медицине используют траву эхинацеи пурпурной – *Herba Echinaceae purpureae*. Траву заготавливают в фазу цветения и сушат.

Трава эхинацеи пурпурной содержит оксикоричные кислоты, флавоноиды, полисахариды, эфирное масло (главная составная часть масла – нециклические сесквитерпены) и другие вещества.

Трава *Echinaceae purpurea* используется для производства настойки и препарата «Эстифан», которые применяют как иммуностимулирующее и тонизирующее средство [Яковлев и др., 2004].

Фотографии исследуемых растений приведены в приложении 2.

Глава 2. Материал и методы исследования

2.1. Методика сбора лекарственных растений

Большинство лекарственных растений собирают с 10 до 13 часов: в это время в них содержится максимальное количество биологически активных веществ (БАВ), но необходимо также учитывать календарные сроки сбора, фазу развития растения, особенности того или иного лекарственного растения.

Растения собраны на полях Белгородского филиала Федерального государственного бюджетного научного учреждения «Всероссийский научно-исследовательский институт лекарственных и ароматических растений». Было собрано пять видов лекарственных растений: *Ammi majus*, *Calendula officinalis*, *Scutellaria baicalensis*, *Macleaya cordata*, *Echinacea purpurea*, произрастающих на расстоянии 0, 50, 100, 250 и 500 м от автотрассы.

Спутниковая карта района исследования приведена в приложении 1.

Надземные части растений собирают в сухую погоду, после того, когда испарится роса, и до появления вечерней росы (до 17 часов), иначе влага может привести к порче лекарственного сырья.

Травы (Herbae)–собирают чаще в фазе начала цветения, у некоторых видов в фазе бутонизации, при полном цветении или в фазе окончания цветения, до осыпания плодов. Растения срезают ножами, ножницами или серпами. Инструкции по заготовке лекарственных растений требуют для каждого вида растения определенную длину травы, она обычно составляет 15-40 см. Нельзя собирать поврежденные, запыленные, изменившие цвет растения. Перед тем, как сушить растения, нужно удалить все примеси.

Подземные органы, корни (Radices), корневища (Rhizomata), корневища с корнями (Rhizomata cum radicibus)–собирают в любую погоду и в любое время дня.

Заготовку ведут в основном осенью в фазу увядания. Подземные органы выкапывают лопатами, копалками, вилами. После выкапывания проводят первичную сортировку сырья: подземные органы очищают от остатков стеблей,

прикорневых листьев, земли. Между сбором и сушкой должно пройти не больше 2–3 часа. Крупные подземные органы разрезают на части [Мазнев, 2004; Яковлев и др., 2004; Самылина и др., 2008].

2.2. Методы сушки и хранения лекарственного растительного сырья

Наиболее простой и доступный способ консервации растительного сырья – это сушка. В свежем лекарственном сырье содержится 70–95 %, в высушенном – 10–15% влаги. При выборе оптимального режима процесса сушки необходимо руководствоваться требованиями, предъявляемыми нормативной документацией к конкретному виду лекарственного растительного сырья.

Естественная (солнечная, воздушно-теновая) сушка не только останавливает жизнедеятельность ферментов, но и ускоряет удаление внутриклеточной влаги и тем самым замедляет взаимодействие БАВ с ферментами. Сушка препятствует развитию в сырье микрофлоры и сводит до минимума прохождение окислительных процессов. Сушка проходит быстрее в тонком слое сырья при сквозном проветривании.

Солнечная сушка используется в основном для корней и других подземных органов. На солнце нельзя сушить листья, травы, так как солнечные лучи разрушают хлорофилл, антоцианы, каротиноиды и при этом изменяется окраска сырья, а это не соответствует требованиям статьям Государственной фармакопеи.

При воздушно-теновой сушке сырье раскладывают тонким слоем в 2–3 см и обязательно 2–3 раза в день осторожно переворачивают.

Сушка будет закончена, когда органы растений не гнутся. После сушки травы и подземные органы растирают в порошок с помощью шаровых мельниц.

Условия хранения сырья должны обеспечить его неизменность по внешнему виду и по содержанию БАВ. Лекарственное сырье нужно хранить при пониженной температуре, не допуская промерзания.

Большое влияние на лекарственное сырье оказывает воздушная среда. Кислород воздуха может вступить во взаимодействие с различными веществами и вызвать их окисление. Поэтому при хранении сырья необходимо обеспечить естественную или искусственную вентиляцию, чтобы удалить влагу и тепло.

Важно также контролировать влажность воздуха, поэтому в дождливую погоду не рекомендуется проведение вентиляции помещений.

Большую роль играет и правильное освещение места хранения: под влиянием прямых солнечных лучей происходит разложение пигментов, а в темноте создаются условия для различных вредителей.

Для каждого вида сырья существуют сроки годности. При нормальных условиях хранения сроки годности для подземных органов составляют 3–6 лет, для трав – 2–3 года [Мазнев, 2004; Самылина и др., 2008].

2.3. Методика определения уровня интенсивности движения автотранспорта в районе сбора лекарственных растений

Автотранспорт, как отмечалось выше, выбрасывает в окружающую среду более 200 компонентов – это угарный и углекислый газ, азота и серы, свинец, кадмий, канцерогены и другие вещества. При этом наибольшее количество токсикантов выбрасывается в воздух при движении автотранспорта на небольшой скорости, на перекрестках, перед светофорами.

Для определения уровня интенсивности движения автотранспорта на автодороге, расположенной в районе сбора лекарственных растений, используется визуальный учет: определение интенсивности движения визуальным наблюдением и фиксированием вручную или на электронных носителях количества транспортных средств, проходящих по автодороге.

Замеры проводятся с двух сторон автодороги в светлое время суток в 8, 13 и 18 часов [Федорова и др., 2001; ГОСТ 32965-2014; ГОСТ 33388-2015] в рабочие дни, кроме понедельника и пятницы.

2.4. Методика подготовки лекарственного растительного сырья для анализа

Отбор проб лекарственного растительного сырья проводили согласно статье ОФС.1.1.0005.15 «Отбор проб лекарственного растительного сырья и лекарственных растительных препаратов».

Из каждой упаковки с засушенным сырьем брали три точечные пробы: сверху, из середины и снизу. Масса точечных проб не регламентируется, но они должны быть примерно одинаковыми. Из точечных проб путем перемешивания составляют объединенную пробу.

Все последующие пробы выделяют методом квартирования. Сущность метода заключается в том, что сырье разравнивали на столе в виде квадрата тонким равномерным слоем и по диагонали разделили его на четыре треугольника. Два противоположных треугольника из сырья удаляли, а два оставшихся соединяли, перемешивая, затем снова разравнивали в квадрат. Так повторяли несколько до тех пор, пока в двух противоположных треугольниках не останется сырье, масса которого соответствовала массе средней пробы, нужной для анализа каждого вида сырья [ГОСТ 24027.0–80; Государственная фармакопея ..., 2018].

Из средней пробы также методом квартирования выделяли аналитическую пробу для определения в ней тяжелых металлов (микроэлементов). Сырье аналитической пробы было измельчено.

2.5. Методика определения содержания тяжелых металлов в лекарственном растительном сырье

Определение содержания тяжелых металлов (микроэлементов) проводили в Центре коллективного пользования «Технологии и материалы НИУ «БелГУ» с использованием атомно-эмиссионной спектрометрии.

Атомная эмиссия – процесс испускания электромагнитного излучения возбужденными атомами или ионами. В атомно-эмиссионной спектрометрии испытуемый образец подвергается воздействию достаточно высоких температур, вызывающих как диссоциацию на атомы, так и значительное количество соударений, приводящих к возбуждению и ионизации атомов испытуемого образца. Атомы и ионы, будучи в возбужденном состоянии, способны возвращаться в основное энергетическое состояние с передачей тепловой или излучающей энергии и испусканием (эмиссией) электромагнитного излучения. Эмиссионный спектр элемента содержит несколько больше линий, чем соответствующий абсорбционный спектр.

Атомно–эмиссионная спектрометрия – метод определения содержания химического элемента в испытуемом образце посредством измерения интенсивности одной из эмиссионных линий атомного пара элемента. Определение проводят при длине волны, соответствующей выбранной эмиссионной линии.

Определения проводят путем сравнения со стандартными растворами с известными концентрациями определяемого элемента методом калибровочного графика (метод I) или методом стандартных добавок (метод II). Атомно-эмиссионный спектрометр выводят на режим в соответствии с инструкцией завода-производителя и устанавливают необходимую длину волны. Устанавливают параметры эксперимента (температура пламени, настройка горелки, использование ионного буфера, концентрация растворов), необходимые для определения анализируемого элемента, учитывая матрицу образца. В генератор атомного пара вводят контрольный раствор и настраивают регистрирующее устройство на нулевое значение или на значение

контрольного опыта. Вводят раствор сравнения определяемого элемента с наибольшей концентрацией и настраивают прибор так, чтобы получить регистрируемый сигнал в оптимальном диапазоне измерений. Предпочтительно, чтобы концентрации растворов находились в линейной части калибровочного графика. Если это невозможно, могут быть использованы криволинейные калибровочные графики с применением подходящего программного обеспечения. На всех этапах проведения испытания рекомендуется по возможности использовать полимерную лабораторную посуду.

Метод I –Метод калибровочного графика. Обычно для измерений готовят и используют три раствора сравнения определяемого элемента и контрольный раствор. Раствор испытуемого образца (испытуемый раствор) готовят, как указано в частной фармакопейной статье. Не менее трех растворов сравнения определяемого элемента готовят так, чтобы диапазон концентраций этих растворов включал ожидаемое значение концентрации определяемого элемента в испытуемом растворе. Для количественного анализа оптимальные значения калибровки должны находиться в диапазоне от 0,7 до 1,3 от ожидаемого содержания определяемого элемента или от предела, указанного в частной фармакопейной статье. Для анализа на содержание примесей оптимальные значения калибровки должны находиться в диапазоне от предела обнаружения до 1,2 от предельного значения для определяемого элемента. Любые реактивы, используемые при приготовлении испытуемого раствора, прибавляют в контрольный раствор и растворы сравнения в таких же количествах, как и в испытуемый раствор. Вводят растворы, используя одинаковое количество повторов для получения устойчивых результатов. Расчет. Строят калибровочную кривую зависимости средних значений эмиссии растворов сравнения от концентрации, по которой определяют концентрацию элемента в испытуемом растворе [Атомно–эмиссионная ..., 2018; Государственная фармакопея ..., 2018].

Глава 3. Полученные результаты и их обсуждение

3.1. Результаты исследования интенсивности движения автотранспорта

Интенсивность движения автотранспорта осуществлялась методом подсчета автомобилей разного типа три раза по 20 минут в каждом из сроков. Из ряда замеров вычисляли среднее значение. Результаты подсчетов занесли в таблицу 3.1.1.

Таблица 3.1.1

Интенсивность движения автотранспорта на автодороге «М-2 Крым»
(на участке Белгородского филиала ВИЛАР)

Время	Тип автомобиля	Среднее число единиц
8:00	Легковой автотранспорт	684
13:00		696
18:00		675
8:00	Легкий грузовой	126
13:00		132
18:00		114
8:00	Средний грузовой	90
13:00		96
18:00		84
8:00	Автобус	62
13:00		72
18:00		57
8:00	Тяжелый грузовой (дизельный)	84
13:00		90
18:00		72

По итогам данного исследования выявлена суммарная оценка загруженности автодорог автотранспортом. Она составила 3,1 тыс. автомобилей в сутки. Это низкая интенсивность движения согласно [ГОСТ 33388–2015].

3.2. Содержание тяжёлых металлов и мышьяка в лекарственном растительном сырье

Нами было определено содержание тяжелых металлов и мышьяка в лекарственных растениях. Предельно допустимые концентрации тяжелых металлов и мышьяка представлены в приложении 3. Рассмотрим полученные результаты.

Содержание Pb в исследуемых лекарственных растениях приведено в таблице 3.2.1.

Таблица 3.2.1

Содержание свинца в лекарственных растениях

Исследуемое расстояние	Содержание Pb, мг/кг ПДК – 6,0 мг/кг						
	Амми	Календула	Маклея	Шлемник	Эхинацея 1 года	Эхинацея 2 года	Эхинацея 3 года
0 м от дороги	0,063	0,063	0,063	0,063	0,063	0,063	0,063
50 м от дороги	0,06	0,06	0,06	0,06	0,06	0,06	0,06
100 м от дороги	0,057	0,057	0,057	0,057	0,057	0,057	0,057
250 м от дороги	0,053	0,053	0,053	0,053	0,053	0,053	0,053
500 м от дороги	0,051	0,051	0,051	0,051	0,051	0,051	0,051

По данным таблицы 3.2.1 можно сделать следующие выводы.

Содержание свинца во всех исследуемых лекарственных растениях значительно ниже ПДК в лекарственном растительном сырье [Государственная фармакопея ..., 2018].

У всех исследуемых растений содержания свинца снижается по мере увеличения расстояния от автодороги.

Максимальное содержание Pb отмечено нами у растений, произрастающих вблизи от автодороги, а минимальное – у растений, собранных на расстоянии 500 м от дороги.

Динамика накопления Pb лекарственными растениями, собранными на исследуемых участках, представлено в приложении 4.

Содержание Cd в исследуемых лекарственных растениях приведено в

таблице 3.2.2.

Таблица 3.2.2

Содержание кадмия в лекарственных растениях

Исследуемое расстояние	Содержание Cd, мг/кг ПДК – 1,0 мг/кг						
	Амми	Кален - дула	Макле я	Шлем - ник	Эхинаце я 1 года	Эхинаце я 2 года	Эхинаце я 3 года
0 м от дороги	0,005 2	0,005	0,0053	0,005	0,0056	0,0054	0,0058
50 м от дороги	0,005	0,0047	0,0051	0,0049	0,0053	0,0051	0,0054
100 м от дороги	0,004 7	0,0043	0,0049	0,0044	0,005	0,0044	0,0048
250 м от дороги	0,004 4	0,0041	0,0047	0,0043	0,0048	0,0042	0,0046
500 м от дороги	0,004 3	0,0038	0,0044	0,0041	0,0045	0,004	0,0042
0 м от дороги	0,005 2	0,005	0,0053	0,005	0,0056	0,0054	0,0058

Содержание кадмия во всем исследуемом лекарственном сырье также значительно ниже ПДК [Государственная фармакопея..., 2018].

У всех исследуемых растений содержание Cd снижается по мере удаления от дороги. Максимальное количество кадмия содержится у растений, произрастающих вблизи автотрассы, минимальное – у растений, собранных на расстоянии 500 м от автодороги. У разных видов лекарственных растений содержание кадмия хоть и незначительно, но отличается.

Динамика накопления Cd лекарственными растениями, собранными на исследуемых участках, представлено в приложении 4.

Содержание Hg в исследуемых лекарственных растениях приведено в таблице 3.2.3

Содержание ртути в лекарственных растениях

Исследуемые расстояния	Содержание Hg, мг/кг ПДК – 0,1 мг/кг						
	Амми	Кален-дула	Маклея	Шлемник	Эхинацея 1 года	Эхинацея 2 года	Эхинацея 3 года
0 м от дороги	0,0035	0,0033	0,0036	0,0032	0,0037	0,0039	0,0040
50 м от дороги	0,0032	0,003	0,0033	0,003	0,0034	0,0035	0,0037
100 м от дороги	0,003	0,0028	0,0031	0,0029	0,0033	0,0034	0,0032
250 м от дороги	0,003	0,0026	0,0029	0,0027	0,0031	0,0033	0,003
500 м от дороги	0,0028	0,0024	0,0027	0,0023	0,003	0,0031	0,0029

Содержание ртути во всем лекарственном сырье ниже ПДК.

У всех исследуемых растений содержание ртути снижается по мере увеличения расстояния от автотрассы.

Максимальное содержание Hg отмечено нами у растений, произрастающих вблизи от автодороги, а минимальное - у растений, собранных на расстоянии 500 м от дороги. У разных видов лекарственных растений содержание ртути, как и кадмия, хоть и незначительно, но отличается.

Динамика накопления Hg лекарственными растениями, собранными на исследуемых участках, представлено в приложении 4.

Содержание As в исследуемых лекарственных растениях приведено в таблице 3.2.4.

Содержания мышьяка во всех исследуемых лекарственных растениях ниже ПДК в лекарственном растительном сырье.

У всех исследуемых растений содержание мышьяка снижается по мере увеличения расстояния от автодороги.

Максимальное содержание As отмечено нами у растений, произрастающих вблизи от автодороги, а минимальное - у растений, собранных на расстоянии 500 м от дороги.

Содержание мышьяка в лекарственных растениях

Исследуемые расстояния	Содержание As, мг/кг ПДК – 0,5 мг/кг						
	Ам-ми	Кален-дула	Маклея	Шлемник	Эхинацея 1 года	Эхинацея 2 года	Эхинацея 3 года
0 м от дороги	0,061	0,059	0,063	0,06	0,062	0,064	0,066
50 м от дороги	0,061	0,059	0,063	0,06	0,062	0,064	0,066
100 м от дороги	0,06	0,057	0,061	0,058	0,061	0,062	0,063
250 м от дороги	0,057	0,054	0,06	0,056	0,059	0,061	0,06
500 м от дороги	0,053	0,051	0,058	0,055	0,057	0,059	0,06

Динамика накопления As лекарственными растениями, собранными на исследуемых участках, представлено в приложении 4.

3.3. Анализ полученных результатов исследования

Полученные данные показывают, что у всех исследуемых растений по мере удаления от автодороги наблюдается уменьшение содержания микроэлементов. Максимальное содержание всех микроэлементов отмечено у растений, произрастающих рядом с защитной лесополосой.

Сравнительные содержание микроэлементов в исследуемом лекарственном сырье, собранном на разном удалении от автотрассы приведено в таблице 3.3.1. Из таблицы 3.3.1 следует, что разница между максимальным содержанием всех микроэлементов по мере удаления от автодороги увеличивается. Максимальное содержание свинца у всех исследуемых растений, собранных вблизи автодороги, одинаково и составило 0,063 мг/кг. Разница на всех расстояниях от дороги тоже одинаковая: на расстоянии 50 м уменьшение составило 0,003 мг/кг; на расстоянии 100 м - 0,006 мг/кг; на расстоянии 250 м – 0,009 мг/кг; а 500 м – 0,0012 мг/кг.

Таблица 3.3.1

Сравнение содержания микроэлементов в исследуемом лекарственном сырье,
собранном на разном удалении от автотрассы

Названия элементов	Содержания элементов по сравнению с максимальным значением - 0 м (мг/кг)				
	0 м	50 м	100 м	250 м	500 м
<i>Ammi majus</i>					
Свинец	0,063	−0,003	−0,006	−0,009	−0,0012
Кадмий	0,0052	−0,0002	−0,0005	−0,0008	−0,0009
Ртуть	0,0035	−0,003	−0,0005	−0,0005	−0,0007
Мышьяк	0,061	0	−0,001	−0,005	−0,008
<i>Calendula officinalis</i>					
Свинец	0,063	−0,003	−0,006	−0,009	−0,0012
Кадмий	0,005	−0,0003	−0,0007	−0,0009	−0,00012
Ртуть	0,0033	−0,0003	−0,0005	−0,0007	−0,0009
Мышьяк	0,059	0	−0,002	−0,005	−0,008
<i>Macleaya cordata</i>					
Свинец	0,063	−0,003	−0,006	−0,009	−0,0012
Кадмий	0,0053	−0,0002	−0,0004	−0,0006	−0,0009
Ртуть	0,0036	−0,0003	−0,0005	−0,0007	−0,0009
Мышьяк	0,063	0	−0,002	−0,003	−0,005
<i>Scutellaria baicalensis</i>					
Свинец	0,063	−0,003	−0,006	−0,009	−0,0012
Кадмий	0,005	−0,0002	−0,0004	−0,0006	−0,0008
Ртуть	0,0032	−0,0003	−0,0005	−0,0007	−0,0009
Мышьяк	0,06	0	−0,002	−0,004	−0,005
<i>Echinacea purpurea</i> 1 года					
Свинец	0,063	−0,003	−0,006	−0,009	−0,0012
Кадмий	0,0056	−0,0003	−0,0006	−0,0009	−0,00012
Ртуть	0,0037	−0,0003	−0,0004	−0,0007	−0,0009
Мышьяк	0,062	0	−0,002	−0,004	−0,005
<i>Echinacea purpurea</i> 2 года					
Свинец	0,063	−0,003	−0,006	−0,009	−0,0012
Кадмий	0,0054	−0,0003	−0,0006	−0,0009	−0,00012
Ртуть	0,0039	−0,0004	−0,0006	−0,0008	−0,00012
Мышьяк	0,064	0	−0,002	−0,004	−0,0005
<i>Echinacea purpurea</i> 3 года					
Свинец	0,063	−0,003	−0,006	−0,009	−0,0012
Кадмий	0,0058	−0,0004	−0,0006	−0,0008	−0,00010
Ртуть	0,0040	−0,0002	−0,0008	−0,00010	−0,00012
Мышьяк	0,066	0	−0,003	−0,006	−0,006

Например, у *Ammi majus* максимальное значение кадмия составляет 0,063 мг/кг; на расстоянии 50 м оно уменьшается на 0,002 мг/кг; на расстоянии 100 м уменьшение составило 0,005 мг/кг; на расстоянии 250 м – на 0,008 мг/кг; а 500 м – на 0,009 мг/кг.

У *Calendula officinalis* максимальное значение кадмия составляет 0,063 мг/кг; на расстоянии 50 м оно уменьшается на 0,003 мг/кг; на расстоянии 100 м уменьшение составило 0,007 мг/кг; на расстоянии 250 м – на 0,009 мг/кг; а 500 м – на 0,0012 мг/кг.

В *Macleaya cordata* максимальное значение кадмия составляет 0,063 мг/кг; на расстоянии 50 м оно уменьшается на 0,002 мг/кг; на расстоянии 100 м уменьшение составило 0,004 мг/кг; на расстоянии 250 м – на 0,006 мг/кг; а 500 м – на 0,009 мг/кг.

У *Scutellaria baicalensis* максимальное значение кадмия составляет 0,063 мг/кг; на расстоянии 50 м оно уменьшается на 0,002 мг/кг; на расстоянии 100 м уменьшение составило 0,004 мг/кг; на расстоянии 250 м – на 0,006 мг/кг; а 500 м – на 0,008 мг/кг.

У *Echinacea purpurea* 1 года максимальное значение кадмия составляет 0,063 мг/кг; на расстоянии 50 м оно уменьшается на 0,003 мг/кг; на расстоянии 100 м уменьшение составило 0,006 мг/кг; на расстоянии 250 м – на 0,009 мг/кг; а 500 м – на 0,0012 мг/кг.

В *Echinacea purpurea* 2 года максимальное значение кадмия составляет 0,063 мг/кг; на расстоянии 50 м оно уменьшается на 0,003 мг/кг; на расстоянии 100 м уменьшение составило 0,006 мг/кг; на расстоянии 250 м – на 0,009 мг/кг; а 500 м – на 0,0012 мг/кг.

У *Echinacea purpurea* 3 года максимальное значение кадмия составляет 0,063 мг/кг; на расстоянии 50 м оно уменьшается на 0,004 мг/кг; на расстоянии 100 м уменьшение составило 0,006 мг/кг; на расстоянии 250 м – на 0,008 мг/кг; а 500 м – на 0,0010 мг/кг.

Таким образом, можно отметить, что содержания ртути и мышьяка в надземной части всех исследуемых лекарственных растений уменьшается в

меньшей степени. А содержание мышьяка на расстоянии 50 м от дороги у всех исследуемых растений не меняется по сравнению с максимальным значением.

Выводы

1. Нами было собрано на полях Белгородского филиала ВИЛАР в течение июля–августа 2017 года. Собрано пять видов лекарственных растений: *Ammi majus*, *Calendula officinalis*, *Scutellaria baicalensis*, *Macleaya cordata*, *Echinacea purpurea*, произрастающих на расстоянии 0, 50, 100, 250 и 500 м от автотрассы.

2. Для определения уровня интенсивности движения автотранспорта на автодороге, расположенной в районе сбора лекарственных растений, использовали визуальный учет. По итогам данного исследования выявлена суммарная оценка загруженности автодорог автотранспортом. Она составила 3,1 тыс. автомобилей в сутки. Это низкая интенсивность движения согласно ГОСТ 33388-2015.

3. Максимальное содержание свинца, кадмия, ртути и мышьяка наблюдалось в растениях, собранных рядом с автодорогой «М-2 Крым». Минимальное количество четырех микроэлементов содержалось в растительном сырье, которое собрали на расстоянии 500 м от автодороги.

4. Максимальное содержание Pb у всех исследуемых растений, собранных вблизи автодороги, одинаково и составило 0,063 мг/кг, разница в содержании Pb на всех расстояниях от дороги у всех растений тоже одинаковая. Содержание Hg и As в надземной части всех исследуемых лекарственных растений уменьшается в меньшей степени, чем содержание Pb и Cd. А содержание As на расстоянии 50 м от дороги у всех исследуемых растений не меняется по сравнению с максимальным значением.

5. Результаты анализа показали, что содержание свинца, кадмия, ртути значительно ниже предельно допустимой концентрации этих металлов в исследуемом лекарственном сырье согласно Государственной фармакопее XIII. Поэтому лекарственное растительное сырье, выращиваемое в Белгородском филиале ВИЛАР, экологически чистое, в нем нет тяжелых металлов и по содержанию свинца, кадмия, ртути и мышьяка может быть использовано для приготовления фитопрепаратов.

Список использованных источников

1. Алексеев Ю.В. Тяжелые металлы в почвах и растениях. Ленинград: ВО Агропромиздат, 1987. 140 с.
2. Атомно-эмиссионная спектрометрия. URL: <http://www.eurasiancommission.org/ru/act/txnreg/deptexreg/LS1/Documents/2.2> (дата обращения 09.04.2018).
3. Артамонов В.И. Растения и чистота природной среды. М.: Наука, 1986. 172 с.
4. Боровлев А.Э. Геоэкологическая оценка влияния аэротехногенных выбросов на состояние воздушного бассейна и территории города Белгорода: Дис. ...канд. географ. наук. Москва, 2016. С. 55–62.
5. Бурченко Т.В. Эколого-биологический анализ некоторых видов рода гравилат (*Geum*) во флоре Белгородской области: Автореф. дис. ... канд. биол. наук. Белгород, 2012. 22 с.
6. Бурченко Т.В., Лазарев А.В. Показатели содержания тяжелых металлов в листьях *Geumurbanum*L. и *Geumrivale*L., произрастающих на территории Белгородской области // Научные ведомости БелГУ. Естественные науки. 2011. №3 (98). Вып. 14. С. 59–67.
7. ВИЛАР. Знакомимся ближе с лидером российской науки. URL: http://www.aif.ru/society/healthcare/vilar_znakomimsya_blizhe_s_liderom_rossiyskoy_nauki(дата обращения 18.12.2017).
8. Войтюк Е.А. Аккумуляция тяжелых металлов в почве и растениях в условиях городской среды (на примере г. Чита): Дис. ... канд. биол. наук. Чита, 2011. 143 с.
9. Водяницкий Ю.Н. Нормативы содержания тяжелых металлов и металлоидов в почвах // Почвоведение. 2012. № 3. С. 368–375.
10. Все о лекарственных растениях: атлас-справочник. СПб: ООО «СЗКЭО», 2016. 192 с.
11. Гавриленко М.И., Кузнецова Л.Н. Конкурсное сортоиспытание амми большой на опытных полях Белгородского филиала ФГНУ ВИЛАР //

Материалы Международной студенческой научной конференции (9–10 февраля 2016 г.) Том 1. Белгород: Издательство ФГБОУ ВО Белгородский ГАУ, 2016. С. 4.

12. Гончаров М.Ю., Повыдыш М.Н., Яковлев Г.Н. Систематика цветковых растений: учебное пособие / под ред. Д.Д. Соколова. СПб: СпецЛит, 2015. 176 с.

13. ГОСТ 17.4.3.06–1986. Охрана природы. Почвы. Дата введения 01.07.1987.

14. ГОСТ 32965–2014. Дороги автомобильные общего пользования. Методы учета интенсивности движения транспортного потока. Дата введения 08.09.2016.

15. ГОСТ 33388–2015. Дороги автомобильные общего пользования. Требования к проведению диагностики и паспортизации. Дата введения 08.09.2016.

16. ГОСТ 24027.0–80. Сырье лекарственное растительное. Межгосударственный стандарт. Дата введения 01.01.1981.

17. Государственная фармакопея XIII online (ГФ 13 online) URL: <http://pharmacopoeia.ru/gosudarstvennaya-farmakopeya-xiii-online-gf-13-online/> (дата обращения: 12.02.2018).

18. Государственный доклад об экологической ситуации в Белгородской области в 2013 году. Белгород, 2014. 116 с.

19. Государственный доклад об экологической ситуации в Белгородской области в 2014 году. Белгород, 2015. 108 с.

20. Государственный доклад об экологической ситуации в Белгородской области в 2016 году. Белгород, 2017. 123 с.

21. Дегтярь А.В., Григорьева О.И., Татаринцев Р.Ю. Экология Белогорья в цифрах: монография. Белгород: КОНСТАНТА, 2016. 122 с.

22. Добровольский В.В. Глобальная биохимия свинца // Свинец в окружающей среде. М.: Наука, 1987. С.71-72

23. Доклад «О состоянии санитарно-эпидемиологического благополучия населения в Белгородской области в 2015 году». Белгород, 2016. 253 с.
24. Зубарева К.Э., Качкин К.В., Сиромля Т.И. Влияние выбросов автомобильного транспорта на элементарный состав листьев подорожника большого // Химия растительного сырья. 2011. №2. С. 159–164.
25. История ФГБНУ «Всероссийский научно-исследовательский институт лекарственных и ароматических растений». URL:<http://vilarnii.ru/present/about/> (дата обращения 18.12.2017).
26. Институт лекарственных растений ВИЛАР: главные направления исследований. URL: <https://leveton.su/izuchenie-lekarstvennye-rasteniya-vilar/> (дата обращения 18.12.2017).
27. Кавтарадзе Д.Н., Николаева Л.Ф., Поршнева Е.Б., Фролова Н.Б. Автомобильные дороги в экологических системах (проблемы взаимодействия). / Д. Н. Кавтарадзе [и др.] М.: Трансдорнаука. 2007. 240 с.
28. Коновалова Е.Ю. Увлекательно о фармакогнозии. URL: <http://www.pharmacognosy.com.ua/> (дата обращения 18.12.2017).
29. Кудряшова В.И. Аккумуляция тяжелых металлов дикорастущими растениями: Автореф. дис. ...канд. биол. наук. Саранск, 2003. 20 с.
30. Купреева В.М. Результаты мониторинга урожайности и химического состава некоторых дикорастущих плодово-ягодных и эфиромасличных растений на территории РСО-Алания: Дис. ... канд. биол. наук. Владикавказ, 2014. 166 с.
31. Лавренова Г.В., Лавренов В.К. Полная энциклопедия основных лекарственных растений. М.: "АСТ, Сталкер", 2007. 800 с.
32. Лекарственное растительное сырье. Фармокогнозия : учеб.пособие / под ред. Г.П. Яковлева и К.Ф. Блиновой. СПб.: СпецЛит, 2004. 765 с.
33. Лекционный материал по Лекарствоведению, раздел: Общая часть. URL: <https://studfiles.net/preview/5811441/> (дата обращения 18.12.2017).

34. Почему растения лечат / М.Я. Ловкова [и др.]. М.: Наука, 1990. 256 с.
35. Мазнев Н.И. Энциклопедия лекарственных растений. М.: Мартин, 2004. 496 с.
36. Матвеев Н.М., Павловский В.А., Прохорова Н.В. Экологические основы аккумуляции тяжелых металлов сельскохозяйственными растениями в лесостепном и степном Поволжье. Самара: Изд-во «Самарский университет», 1997. 386 с.
37. Матвеев Н.М., Прохорова Н.В., Матвеев В.Н. Фитометаллоаккумуляционная структура агрофитоценозов // Самарская Лука: проблемы региональной и глобальной экологии. 2007. Т. 16, № 1–2(19–20). С. 274–277.
38. Начался сезон сбора лекарственных растений. URL: <http://belgorod.bezformata.ru/listnews/sezon-sbora-lekarstvennihrastenij/21667311/> (дата обращения 18.12.2017).
39. Носов А.Л. Лекарственные растения. М.: ЭКСМО, 2007. 352 с.
40. Польщикова М.Н., Ширяев А.В. Сохранение и пополнение генофонда лекарственных и ароматических растений на базе ФГБНУ ВИЛАР // Материалы Международной студенческой научной конференции (9–10 февраля 2016 г.). Том 1. Белгород: Издательство ФГБОУ ВО Белгородский ГАУ, 2016. С. 21.
41. Рабинович А.М., Рабинович С.А., Солдатова Е.И. Целебные растения России с давних времен (иллюстрированная энциклопедия). М.: Арнебия, 2012. 654 с.
42. Самылина И.А., Сорокина А.А. Атлас лекарственных растений и сырья. Учебное пособие по фармакогнозии. М.: Авторская Академия; Товарищество научных изданий КМК, 2008. 318 с.
43. Самылина И.А., Яковлев Г.П. Фармакогнозия: учебник. М.: ГЭОТАР-Медиа, 2014. 976 с.

44. СанПин 2.3.2.560-96. Гигиенические требования к качеству и безопасности продовольственного сырья и пищевых продуктов. М., 1996. 227 с.
45. Семенова В.В., Магомедалиев З.Г. Влияние экологических факторов на содержание некоторых тяжелых металлов в *Achillea millefolium* // Экология растений. Юг России: экология, развитие. 2009. № 2. С. 46–49.
46. Серегин И.В. Распределение тяжелых металлов в растениях и их действие на рост: Автореф. дис. ... докт. биол. наук. М., 2009. 53 с.
47. Сидельников Н.И. Экзогенная регуляция продуктивности лекарственных культур при возделывании в Центральном Черноземном регионе Российской Федерации: Автореф. дис. ... докт. сельхоз. наук. М., 2014. 46 с.
48. Сиромля Т.И. Влияние автотранспортного загрязнения на экологическое состояние подорожника большого (*Plantago major* L.) // Сибирский экологический журнал. 2011. № 5. С. 677–688.
49. Талипова Е.В. Изменение морфофизиологических параметров лекарственных растений при действии автотранспортного загрязнения: На примере Кировской области: Автореф. дис. ... канд. биол. наук. Саранск, 2006. 22 с.
50. Устойчивость растений к тяжелым металлам / А.Ф. Титов [и др.]. Петрозаводск: Карельский научный центр РАН, 2007. 172 с.
51. Титов А.Ф., Казнина Н.М., Таланова В.В. Устойчивость растений к кадмию: учебное пособие; Институт биологии Карельского научного центра РАН. Петрозаводск: Карельский научный центр РАН, 2012. 55 с.
52. Трахтенберг, И.М. Тяжелые металлы во внешней среде: Современные гигиенические и токсикологические аспекты. Минск: Наука и техника, 1994. 286с.
53. Фармакогнозия: краткий курс лекций / сост. Т. Н. Родионова. Саратов, 2016. 99 с.

54. Федорова А.И., Никольская А.Н. Практикум по экологии и охране окружающей среды: Учеб. пособие для студ. высш. учеб. заведений. М.: Гуманит. изд. центр ВЛАДОС, 2001. С. 82–84.
55. Чаплыгин В.А. Накопление и распределение тяжелых металлов в травянистой растительности техногенных ландшафтов Нижнего Дона: Дис. ... канд. биол. наук. Ростов-на-Дону, 2014. 193 с.
56. Эйхлер В. Яды в нашей пище. М.: «Мир», 1993. 188 с.
57. Экология Белгородской области. URL: <http://www.dishisvobodno.ru/ekologiya-belgorodskoy-oblasti.html> (дата обращения 15.03.2018).
58. Expression of the novel wheat gene TM20 confers enhanced cadmium tolerance to bakers yeast / Y. Kim, D. Kim., D. Shim, W. Song // J. Biol. Chem. 2008. Vol. 283. Pp. 15893–15902.
59. Pedas P., Schjoerring J. K., Husted S. Identification and characterization of zinc-starvation-induced ZIP transporters from barley roots // Plant Physiol. Biochem. 2009. Vol. 47. Pp. 377–383.

Приложения



Рис. 1. Спутниковая карта района исследования (БФ ВИЛАР)
с прилегающей к нему автодороги «М-2 Крым»



Рис. 1. *Ammi majus* L. Рис. 2. *Calendula officinalis* L.



Рис. 3. *Macleayacordata* (Willd.) Рис. 4. *Scutellaria baicalensis* Georgi



Рис. 5. (*Echinacea purpurea* (L.) Moench.).

Предельно допустимое содержание тяжелых металлов и мышьяка в лекарственном растительном сырье и лекарственных растительных препаратах

Металл	Предельно допустимое содержание, мг/кг
Кадмий	1,0
Свинец	6,0
Ртуть	0,1
Мышьяк	0,5

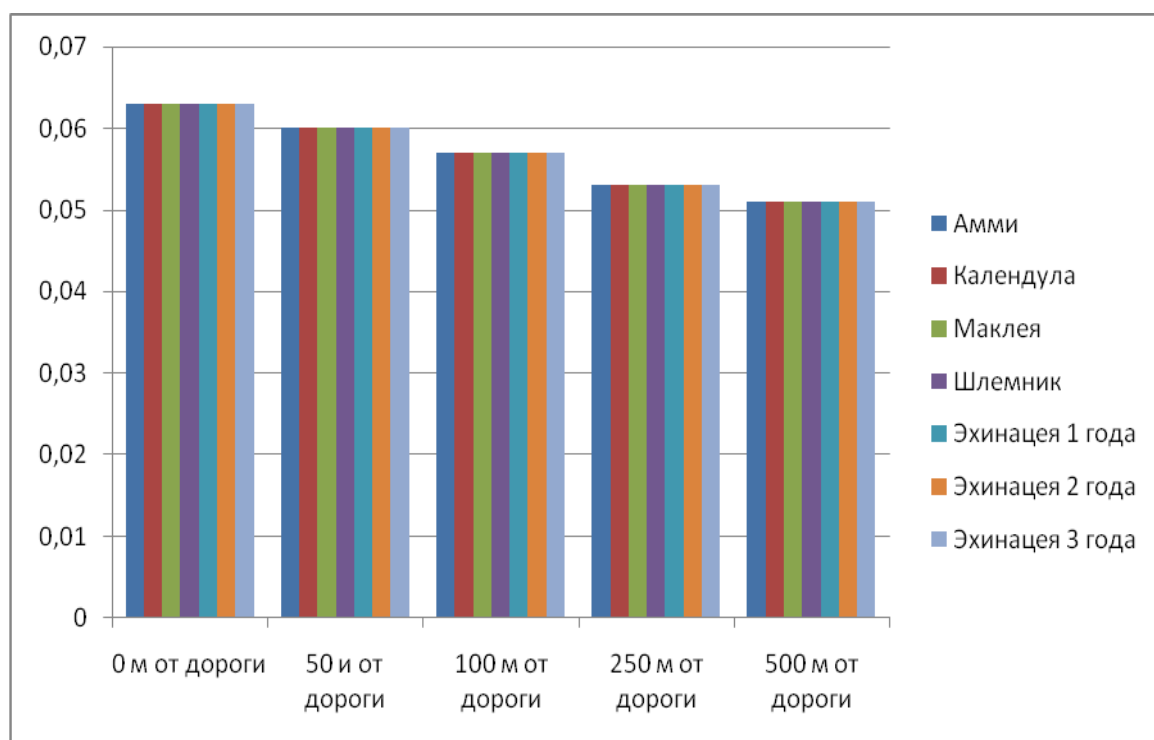


Рис. 1. Динамика накопления свинца (мг/кг) в лекарственных растениях

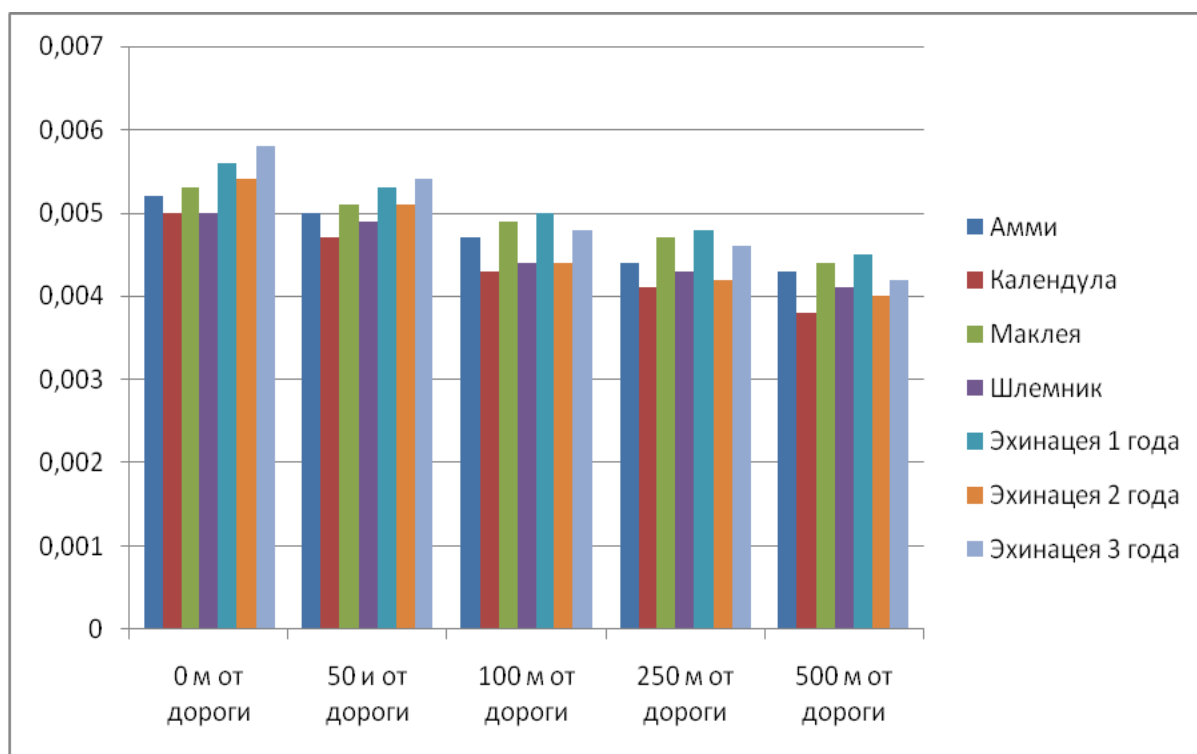


Рис. 2. Динамика накопления кадмия (мг/кг) в лекарственных растениях

Приложение 4 (продолжение)

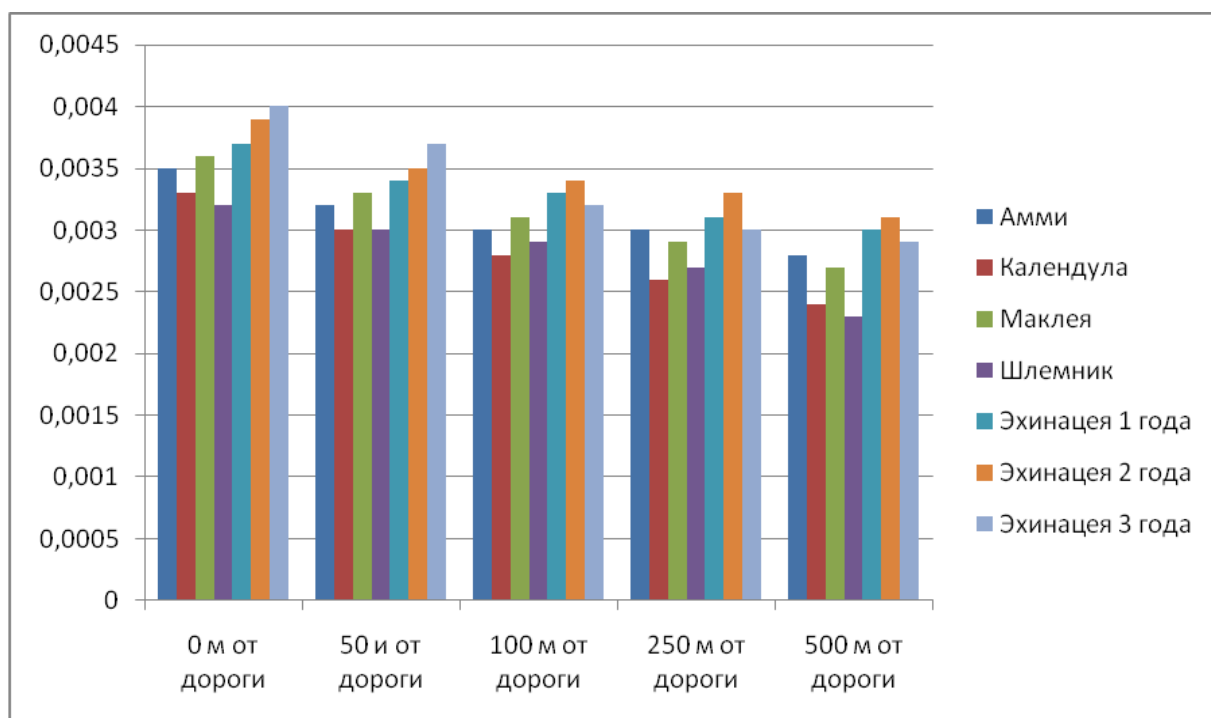


Рис. 3. Динамика накопления ртути (мг/кг) в лекарственных растениях

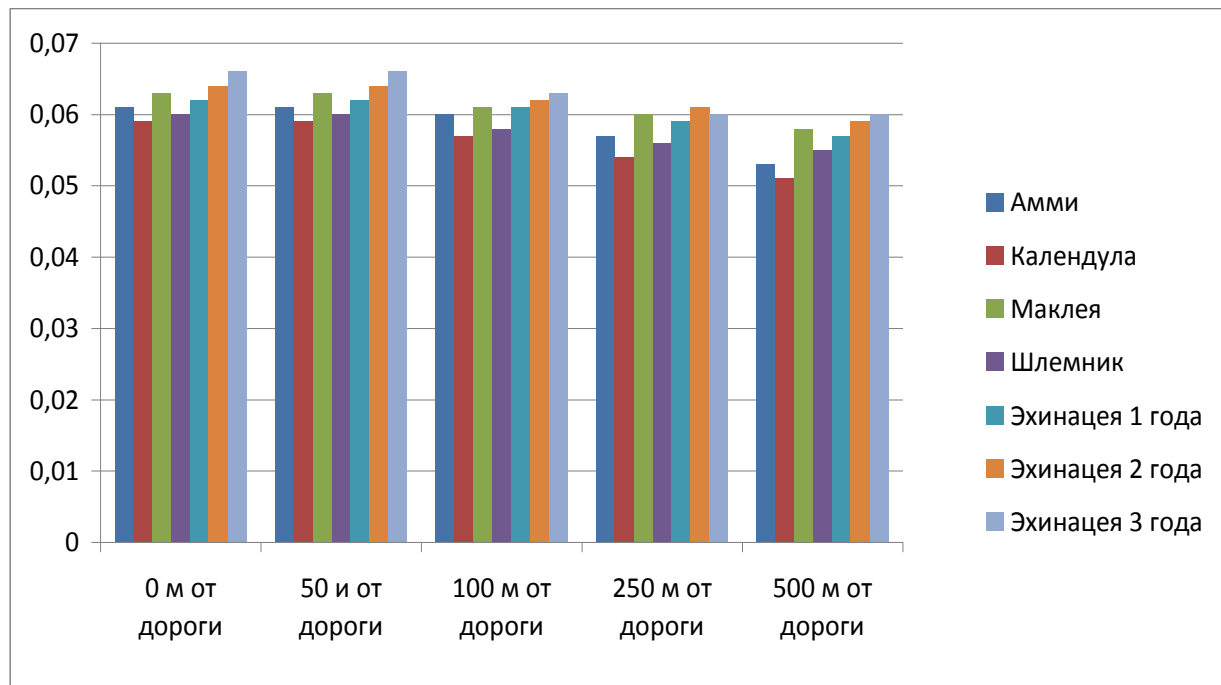


Рис. 4. Динамика накопления мышьяка (мг/кг) в лекарственных растениях